

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 732 651

(21) N° d'enregistrement national : 95 04155

(51) Int Cl⁶ : B 60 K 31/04

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 07.04.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 11.10.96 Bulletin 96/41.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : REGIE NATIONALE DES USINES
RENAULT SOCIETE ANONYME — FR.

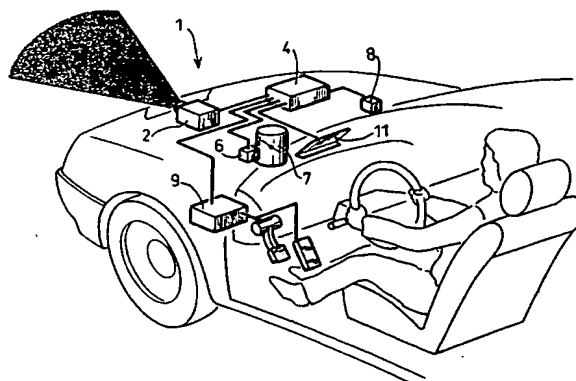
(72) Inventeur(s) : CONSTANCIS PIERRE et BAUJARD
ANNICK.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : REGIE NATIONALE DES USINES
RENAULT.

(54) PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DE L'ACCELERATION LONGITUDINALE D'UN VEHICULE
ROUTIER.

(57) Procédé de régulation de l'accélération longitudinale
d'un véhicule soumis à un contrôle de vitesse de croisière
et au respect d'une distance de consigne de vis-à-vis
d'obstacles détectés sur sa trajectoire, caractérisé en ce
que les situations rencontrées selon que le véhicule roule
au-delà ou en deça de la distance de consigne d_c sont traitées
par des expressions analytiques permettant dans chaque
cas de déterminer une accélération de consigne a_c
fonction de la vitesse et de la distance relative V_r et d_r , de
l'obstacle détecté, par rapport au véhicule.



FR 2 732 651 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF DE REGULATION DE
L'ACCELERATION LONGITUDINALE D'UN VEHICULE
ROUTIER**

La présente invention se rapporte à la régulation de vitesse des véhicules routiers. Elle s'applique notamment aux régulateurs de vitesse et de distance, qui sont destinés principalement à faciliter la conduite sur autoroute ou sur voie rapide.

Les régulateurs de vitesse et de distance connus permettent d'imposer à un véhicule "suiveur", le respect d'une vitesse maximale ou vitesse de consigne, choisie par le conducteur, et d'une distance de consigne vis-à-vis d'un véhicule "suivi".

L'article paru en Juin 1992 sous le titre "Intelligent cruise control with fuzzy logic", aux pages 173 à 178 de la publication "Proceedings of the Intelligent vehicles 92 Symposium", propose de calculer l'accélération de consigne en fonction de la distance et de la vitesse relative du véhicule suivi, et d'appliquer à ce calcul une loi du type "logique floue", selon le principe suivant. Dans un repère orthonormé présentant en abscisses et en ordonnées la distance et la vitesse relative du véhicule suivi, on définit différentes zones (49 dans l'article cité), qui se recouvrent partiellement. Dans chaque zone on calcule une accélération de consigne, et la "logique floue" est utilisée pour imposer au véhicule une variation d'accélération continue lors d'un passage d'une zone à l'autre, conformément au découpage arbitraire du repère.

Sachant que la réduction du nombre de zones se traduit obligatoirement par un moins bon lissage de l'accélération lors des passages d'une zone à l'autre et par une diminution des facultés de modelage de la loi de commande, la méthode de calcul proposée dans cet article a pour inconvénient d'imposer la prise en compte d'un nombre de paramètres égal au nombre de zones à traiter, soit 49 dans l'article mentionné ci-dessus.

Par ailleurs, cet article n'envisage que l'application d'une seule loi, pour l'ensemble des situations rencontrées. Cette rigidité de calcul ne permet pas d'adapter le comportement du véhicule à la densité du trafic ou aux choix du conducteur.

La présente invention vise à améliorer la sécurité et le confort d'un véhicule disposant d'une régulation en distance, en vitesse et en accélération, vis-à-vis d'un véhicule suivi.

Elle concerne un procédé de régulation de l'accélération longitudinale d'un véhicule soumis à un contrôle de vitesse de croisière et au respect d'une distance de consigne d_c vis-à-vis d'obstacles détectés sur sa trajectoire. Ce procédé est caractérisé en ce que les situations rencontrées selon que le véhicule roule au-delà ou en deçà de la distance de consigne d_c sont traitées par des expressions analytiques permettant dans chaque cas de déterminer une accélération de consigne γ_c fonction de la vitesse et de la distance relative V_r et d_r de l'obstacle détecté, par rapport au véhicule.

De façon avantageuse, l'accélération de consigne γ_c est égale à la plus faible des accélérations déterminées respectivement par le contrôle de vitesse de croisière et le respect de la distance de consigne d_c .

Lorsque le véhicule est en situation d'approche, l'invention prévoit notamment d'appliquer au véhicule une accélération de consigne constante ou progressive.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, l'accélération de consigne γ_c peut être une fonction linéaire de V_r et de $d = d_r - d_c$.

Pour assurer la continuité de l'accélération de consigne, l'invention prévoit également que l'accélération de consigne γ_c est la plus grande de deux accélérations déterminées analytiquement en fonction de V_r et de $d = d_r - d_c$.

5 En variante, l'accélération de consigne peut être déterminée en appliquant des expressions analytiques spécifiques dans certaines plages de valeurs de la distance relative dr , et en calculant entre celles-ci la moyenne pondérée des expressions des plages de valeurs adjacentes.

10 L'invention propose également un dispositif pour la mise en oeuvre d'un tel procédé. Ce dispositif comporte un calculateur recevant respectivement :

- des informations relatives à la vitesse de croisière du véhicule V_c , à l'angle du volant δ et à la loi de commande appliquée i , de la part d'une interface homme machine,
- 15 - une information distance de l'obstacle dr , de la part d'un télémètre, et
- une information vitesse du véhicule V_v de la part d'un capteur de vitesse embarqué.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de celle-ci, en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- 25 - la figure 1 illustre l'utilisation d'un régulateur de distance par un véhicule automobile,
- la figure 2 présente de façon sommaire le dispositif de l'invention,
- la figure 3 précise la nature des informations échangées dans le dispositif de la figure 2,
- 30 - la figure 4 décrit le cheminement des données à l'intérieur du calculateur utilisé,
- la figure 5 illustre la méthode utilisée pour éviter de dépasser la
- 35 vitesse de consigne, et

- les figures 6 à 8 correspondent à des représentations graphiques de différentes lois de calcul de l'accélération de consigne, en fonction de la vitesse relative du véhicule suivi par rapport au véhicule suiveur, et de la différence entre la distance réelle des véhicules et la consigne de distance adoptée.

Sur la figure 1, on a représenté un premier véhicule 1 ou véhicule suiveur équipé d'un télémètre 2, par exemple du type LIDAR (Light Detection And Ranging), dans le champ duquel est situé un second véhicule, ou véhicule suivi 3.

L'équipement du véhicule suiveur 1, illustré par la figure 2 se compose du télémètre 2 mentionné ci-dessus, avantageusement du type LIDAR à balayage infrarouge, relié à un calculateur 4, lui-même connecté à au moins un capteur de vitesse embarqué 6, à un organe de contrôle du papillon d'admission des gaz 7, au calculateur de la boîte de vitesses automatique 8, à un système de commande de freinage additionnel 9 et à un afficheur d'informations 11 situé en bas du pare-brise sur le schéma, auquel on peut avantageusement substituer un système d'affichage tête haute (Head Up Display) sur le pare-brise.

En se reportant à la figure 3, on note que le calculateur 4 reçoit du télémètre 2 une information vitesse véhicule V_r et une information de distance de l'obstacle, et de l'interface conducteur-système 12 des consignes conducteur, telles que le choix d'une vitesse de consigne V_c , l'angle du volant δ et le choix d'une loi de commande i , tandis qu'il retransmet au conducteur des informations, par exemple sous forme de signaux d'alerte sonores ou visuels, et donne au calculateur de la boîte de vitesses automatique 8 une consigne de rapport n , à l'organe de commande du papillon des gaz 7 une consigne d'ouverture α , et au système additionnel de commande de freinage 9, une consigne de pression de freinage p .

Le schéma fonctionnel de la figure 4 met en évidence que la détection et la sélection d'obstacles est effectuée sur la base de l'information angle volant δ et distance d_0 des obstacles rencontrés

par le télémètre 2. Le calculateur 4 calcule ensuite la distance relative d_r et la vitesse relative V_r de l'obstacle sélectionné. L'information vitesse du véhicule V_v permet avec la vitesse relative calculée V_r et l'information i relative au choix de la loi de régulation de distance, de fixer la distance de consigne d_c qui doit être respectée par le véhicule suiveur 1.

L'accélération de consigne γ_c est calculée pour sa part à partir de d_r , v_r , d_c , i et de la vitesse de consigne ou vitesse de croisière V_c choisie par le conducteur. Enfin, le calculateur assure l'asservissement en accélération du véhicule 1 en délivrant la consigne du rapport de boîte n , et la consigne α d'ouverture du papillon des gaz, en imposant une consigne de pression de freinage p , et en avertissant le conducteur des situations critiques par un signal d'alerte a .

Dans les systèmes de contrôle de croisière connus, on distingue en effet deux situations possibles pour un véhicule suiveur. Soit il roule au-delà de sa distance de consigne, on parle alors de situation d'approche, soit il roule en deça de celle-ci, on dit qu'il est en situation d'insertion.

Comme indiqué sur la figure 5, lorsqu'un obstacle est détecté le calculateur applique d'une part une loi de régulation en vitesse, (activée en réalité dès que le système est en fonctionnement, indépendamment de la détection éventuelle d'un obstacle) pour calculer une accélération de consigne γ_{cRv} de régulation en vitesse et d'autre part une loi de régulation en distance pour calculer une consigne de régulation en distance γ_{cRd} . Le calculateur retient la plus faible des deux accélérations ainsi calculée, qui est imposée au véhicule, soit :

$$\gamma_c = \min (\gamma_{cRv}, \gamma_{cRd})$$

Cette disposition permet notamment de ne jamais dépasser la vitesse de consigne.

Conformément à l'invention, chacune des situations rencontrées est traitée par une expression analytique permettant de déterminer une accélération de consigne γ_c en fonction des variables V_r et d_r représentant l'écart de vitesse et de distance de l'obstacle détecté (ou véhicule suivi) par rapport au véhicule.

En situation d'approche, c'est-à-dire lorsque le véhicule roule au-delà de sa distance de consigne d_c soit lorsque $d_r > d_c$ ou $d = d_r - d_c > 0$, l'invention prévoit par exemple d'appliquer une accélération de consigne constante ou progressive selon les situations rencontrées. Dans le premier cas l'accélération, de consigne est $\gamma_c = \frac{V_r^2}{2d}$

(dans laquelle on donne à V_r et à d les valeurs mesurées lors de la détection de l'obstacle) solution du système $V_r = \gamma_c t$

$$d = \frac{1}{2} \gamma_c t^2$$

Dans le second cas, l'invention propose d'appliquer une expression analytique du type $\gamma_c = J \frac{d}{V_r} - \frac{d^2}{2d}$ solution approchée du système

$$\gamma_c = Jt$$

$$V_r = \frac{1}{2} J t^2$$

$$d = \frac{1}{6} J t^3$$

qui lie les paramètres J : coefficient de progressivité choisi, égal à la dérivée de l'accélération γ_c
 γ_c : accélération de consigne calculée,
 V_r : vitesse relative évaluée lors de la détection de l'obstacle,
 $d = d_r - d_c$: écart à la distance de consigne lors de la détection de l'obstacle.

En situation d'insertion, c'est-à-dire lorsque le véhicule roule en deça de sa distance de consigne, l'invention propose notamment d'appliquer au calcul de l'accélération de consigne γ_c une expression

linéaire de V_r et de d , comportant un terme supplémentaire qui permet de tenir compte des freinages éventuels du véhicule suivi, soit une expression du type :

5

$$\gamma_r = k_v V_r + K_d d - K_f \frac{V_r^2}{d_r}$$

10

dans laquelle les coefficients K_v et K_d définissent l'influence respective des deux variables V_r et d sur le comportement du véhicule suiveur en situation d'insertion, et K_f pondère la décélération additionnelle nécessaire en cas de freinage du véhicule suivi. Si K_f est nul, l'expression précédente devient une simple "expression linéaire d'insertion".

15

20

L'invention prévoit également d'utiliser les expressions analytiques définies ci-dessus selon différentes combinaisons, ou lois de commande, se traduisant en mode de contrôle de distance, par des comportements particuliers du véhicule suiveur, auquel le respect de la consigne de distance d_c impose une accélération de consigne γ_{cRd} , plus faible que l'accélération de consigne de contrôle de vitesse γ_{cRv} .

25

30

Les lois de commande illustrées par les figures 6 à 8 appliquent les expressions définies plus haut selon des combinaisons non limitatives quant à la portée de l'invention. Chaque graphique représente dans un plan appelé plan de phase, le comportement d'un véhicule en phase d'approche, puis de suivi. Le repère associé à chacun de ces plans de phase a pour abscisses la différence $d = d_r - d_c$ exprimée en mètres, et pour ordonnées la vitesse relative du véhicule suiveur par rapport au véhicule, exprimée en mètres par seconde. A partir d'un état initial arbitrairement choisi, mais identique sur les trois figures et correspondant par exemple à la détection d'un obstacle, ou véhicule suivi, on a représenté la "trajectoire" de l'état du système vers sa position d'équilibre, dans laquelle V_r est nul, et $d_r = d_c$.

35

Une première loi spécifique de régulation en distance proposée par l'invention, dont l'application est illustrée graphiquement par la

figure 6, consiste à choisir en permanence la plus grande des accélérations calculées respectivement à l'aide de l'expression analytique d'approche de décélération constante, et par l'expression analytique d'insertion précédemment citée. Ce graphe indique que le véhicule réduit de 55 m à zéro son écart à la distance de consigne avec un très bref passage en mode d'insertion avant de rejoindre sa distance de consigne d_c par rapport au véhicule suivi, en adoptant alors la même vitesse que celui-ci ($V_r = 0$).

En variante, l'invention propose d'utiliser une autre loi de commande de régulation en distance, reposant sur l'adoption d'une distance de consigne plus courte dans l'expression analytique d'approche, qui permet de se rapprocher davantage du véhicule suivi, et facilite son dépassement éventuel. Cette modification se traduit notamment par une consigne de freinage moins importante en phase d'insertion. Pour palier à cet inconvénient, l'invention prévoit d'imposer "l'expression analytique d'insertion", dès que le véhicule entre en phase d'approche. La figure 7 met notamment en évidence que le véhicule suiveur, se rapprochant d'environ 20 m en deçà de la distance de consigne d_c avant d'atteindre sa position d'équilibre, a un comportement beaucoup plus sportif que dans le cas précédent.

Une troisième loi de commande, illustrée par la figure 8, propose de découper le plan de phase en trois zones A, B, C dans lesquelles le véhicule est soumis à trois expressions différentes :

- dans le cas d'un rapprochement rapide on utilise une expression analytique à décélération constante, saturée à -3 m/s^2 , soit :

$$\gamma_c = 2d, \text{ si } d_r > d_c$$

$$\gamma_c = -3 \text{ m/s}^2, \text{ si } d_r < d_c$$

Cette situation correspond à la zone A de la figure 8, définie arbitrairement par $V_r < -8 \text{ m/s}$,

- si la V_r est faible (par exemple - $2 \text{ m/s} < V_r < 2 \text{ m/s}$) on utilise une expression linéaire d'insertion saturée par exemple à $0,7 \text{ m/s}^2$ (cf zone B),
- 5 - si le véhicule cible s'éloigne rapidement ($V_r > 8 \text{ m/s}$) on applique par exemple une accélération constante de $0,7 \text{ m/s}^2$ (cf zone C).
- 10 - dans les zones intermédiaires du plan de phase, on calcule la moyenne pondérée des expressions des zones adjacentes.

Comme indiqué plus haut, l'utilisation de l'expression d'approche de décélération constante impose (c/zone A) le freinage immédiat en présence d'un véhicule suivi plus lent. Cette troisième loi impose
15 donc au véhicule suiveur un comportement plus rassurant pour l'utilisateur.

En conclusion, il faut souligner que l'invention permet de contrôler en distance, en vitesse et en accélération un véhicule avec une grande
20 souplesse, résultant notamment de la possibilité d'appliquer différentes lois de commande, adaptées à des conditions de circulation, ou à des modes de conduites particuliers. Conformément à l'invention, le passage d'une loi à l'autre peut être laissé au choix de l'utilisateur, ou imposé au véhicule en fonction du trafic. Les
25 expressions analytiques appliquées dans les différentes lois proposées dépendent d'un nombre restreint de paramètres se limitant aux trois coefficients mentionnés plus haut, liés respectivement à la réactivité du système en phase de suivi (K_v , K_d), en phase d'insertion, (K_f), et en phase d'approche (J).

30

35

REVENDECATIONS

- [1] Procédé de régulation de l'accélération longitudinale d'un véhicule soumis à un contrôle de vitesse de croisière et au respect d'une distance de consigne dc vis-à-vis d'obstacles détectés sur sa trajectoire, caractérisé en ce que les situations rencontrées selon que le véhicule roule au-delà ou en deça de la distance de consigne dc sont traitées par des expressions analytiques permettant dans chaque cas de déterminer une accélération de consigne γ_c fonction de la vitesse et de la distance relative V_r et dr , de l'obstacle détecté, par rapport au véhicule.
- [2] Procédé de régulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'accélération de consigne γ_c est égale à la plus faible des accélérations déterminées respectivement par le contrôle de vitesse de croisière et le respect de la distance de consigne dc .
- [3] Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lorsque $dr > dc$, l'accélération de consigne γ_c a une valeur constante déterminée par la valeur de V_r et de dr lors de la détection de l'obstacle.
- [4] Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lorsque $dr > dc$, l'accélération de consigne γ_c a une valeur progressive déterminée par la valeur de V_r et de dr lors de la détection de l'obstacle et par un coefficient de progressivité constant J .
- [5] Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'accélération de consigne γ_c est une fonction linéaire de V_r et de $d = dr - dc$.
- [6] Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'accélération de consigne γ_c est la plus

grande de deux accélérations déterminées analytiquement en fonction de V_r et de d .

- [7] Procédé de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'accélération de consigne est déterminée en appliquant des expressions analytiques spécifiques dans certaines plages de valeur de la distance relative d_r , et en calculant entre celles-ci la moyenne pondérée des expressions des plages de valeurs adjacentes.
- [8] Procédé de régulation selon les revendications 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que l'accélération de consigne γ_c est pondérée par la décélération additionnelle nécessaire en cas de freinage de l'obstacle.
- [9] Dispositif de régulation pour la mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un calculateur (4) recevant respectivement :
 - des informations relatives à la vitesse de croisière du véhicule V_c , à l'angle du volant δ , à la loi de commande appliquée i , de la part d'une interface homme machine (12),
 - une information distance de l'obstacle d_r de la part d'un télémètre (2), et
 - une information vitesse du véhicule V_v de la part d'un capteur de vitesse embarqué (6).
- [10] Dispositif de régulation selon la revendication 9, caractérisé en ce que le calculateur (4) transmet :
 - une information visuelle ou sonore au conducteur,
 - une information de rapport n , à la boîte de vitesses,
 - une information d'angle d'ouverture α , au papillon d'admission des gaz, et

- une information de pression de freinage p , aux freins.

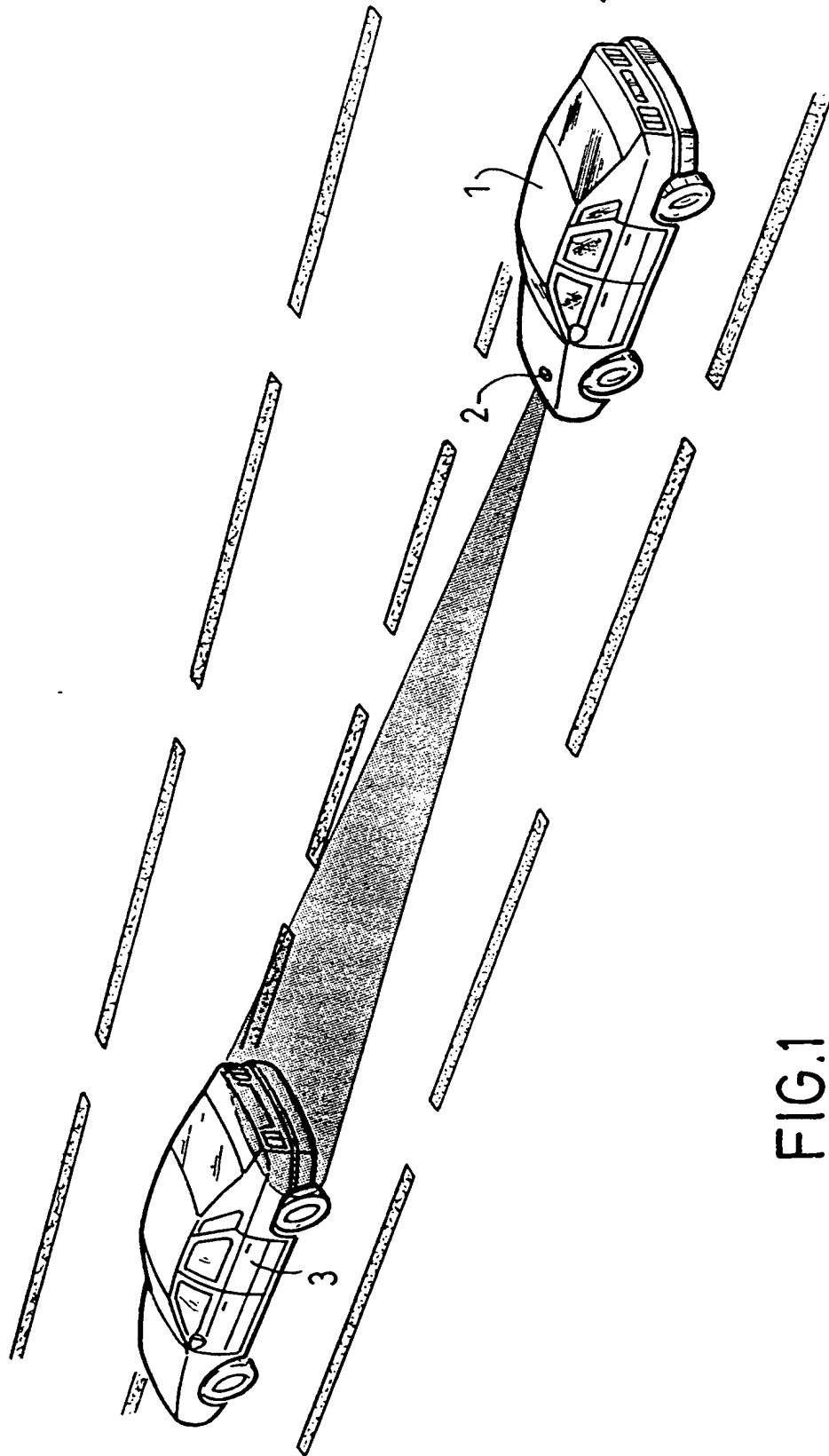
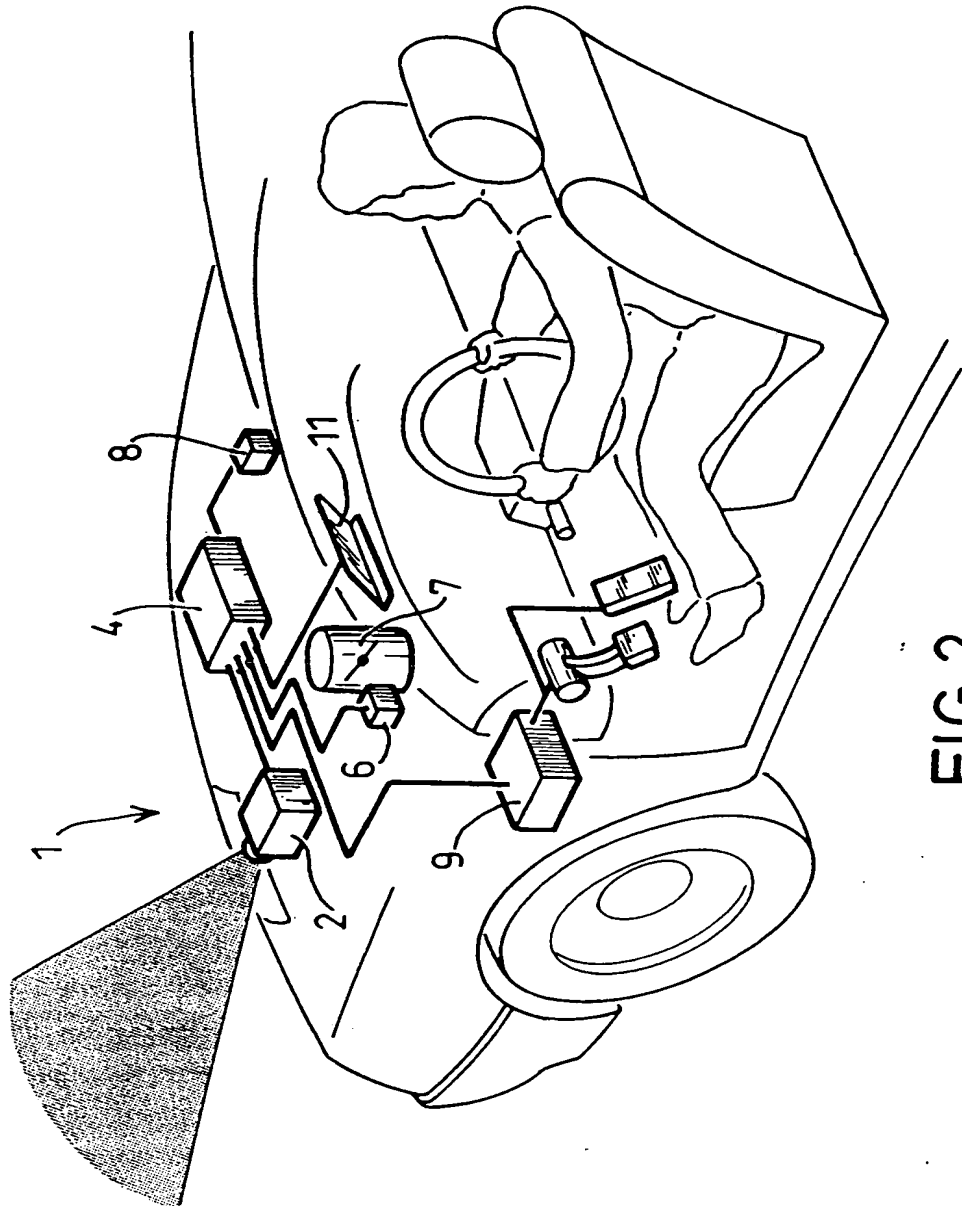
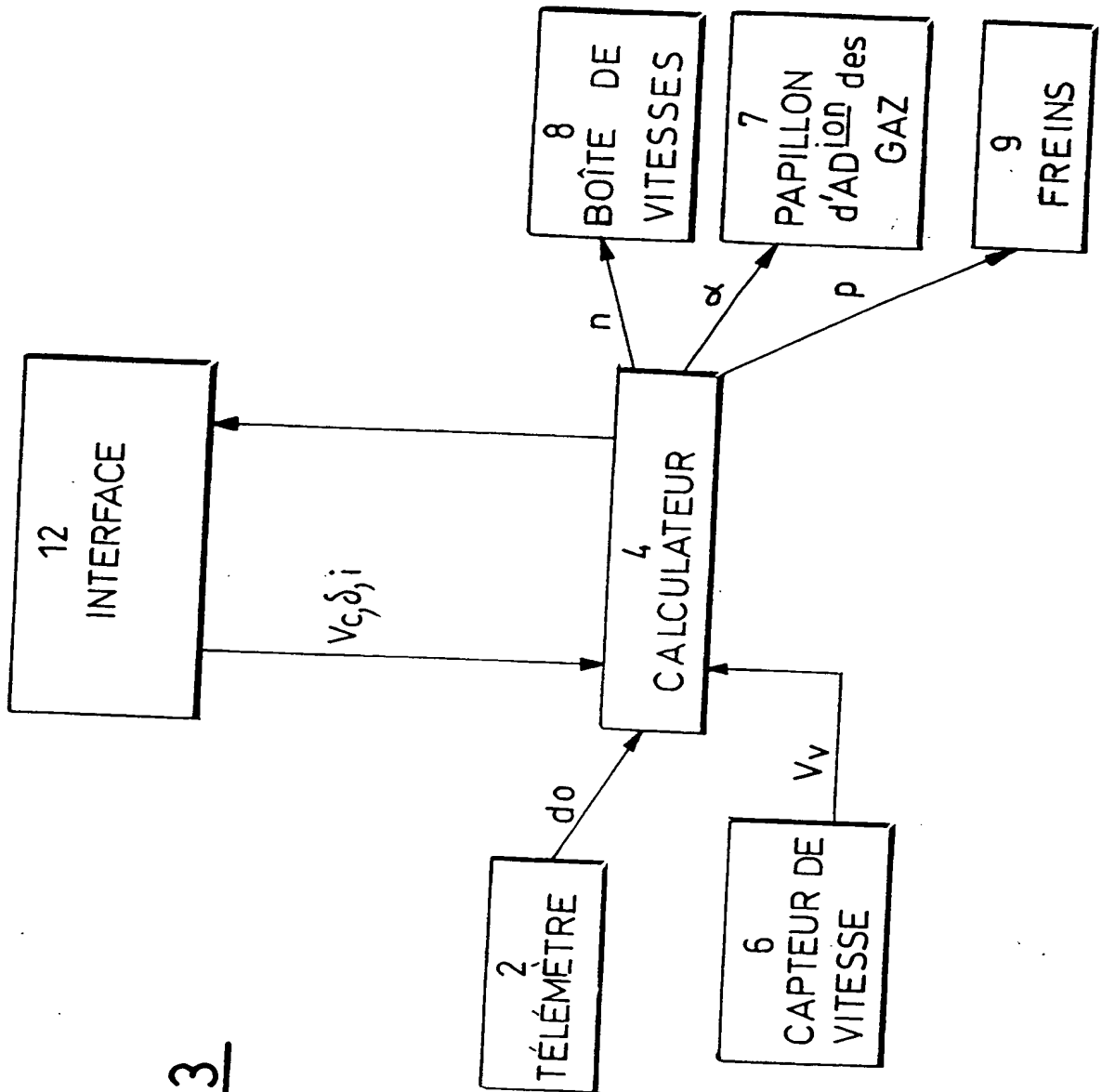
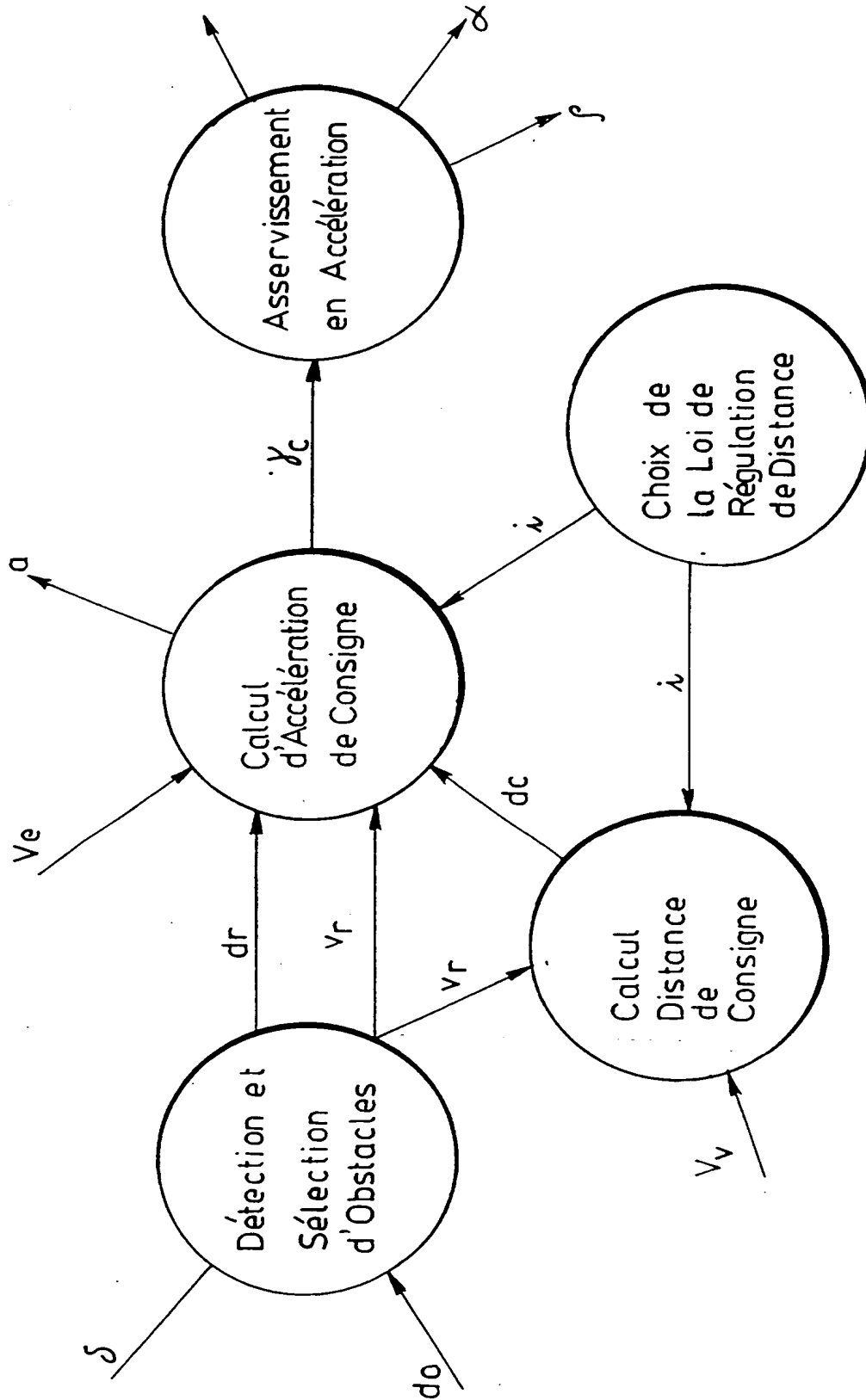


FIG.1

FIG. 2

FIG.3

FIG.4

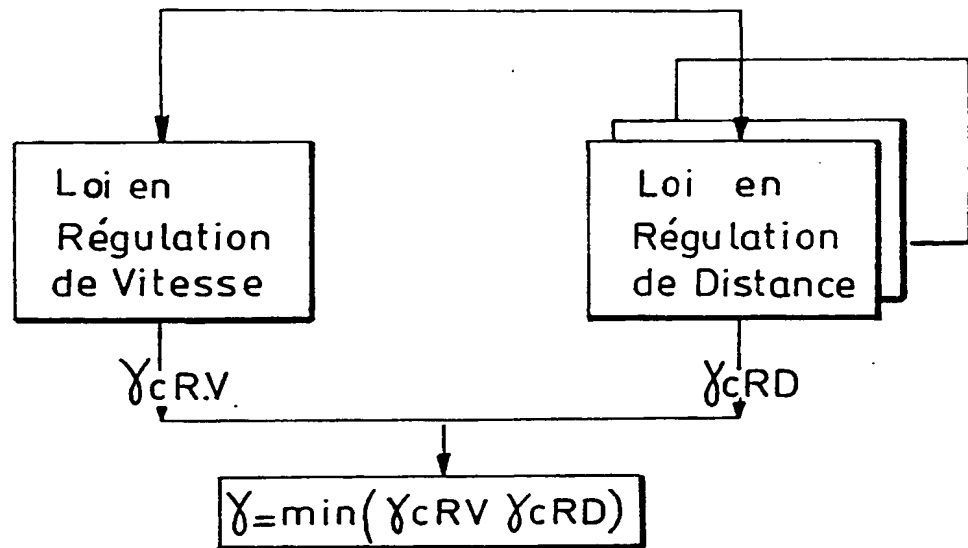
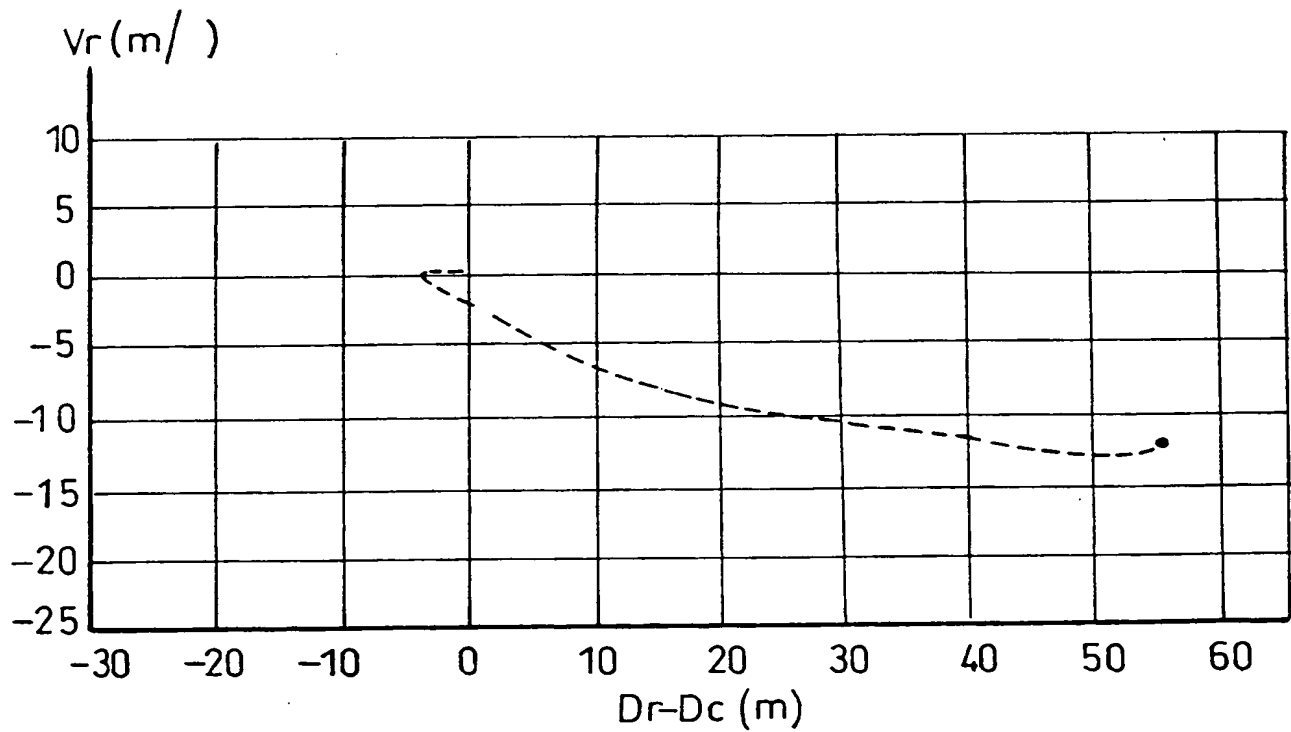
FIG.5FIG.6

FIG.7

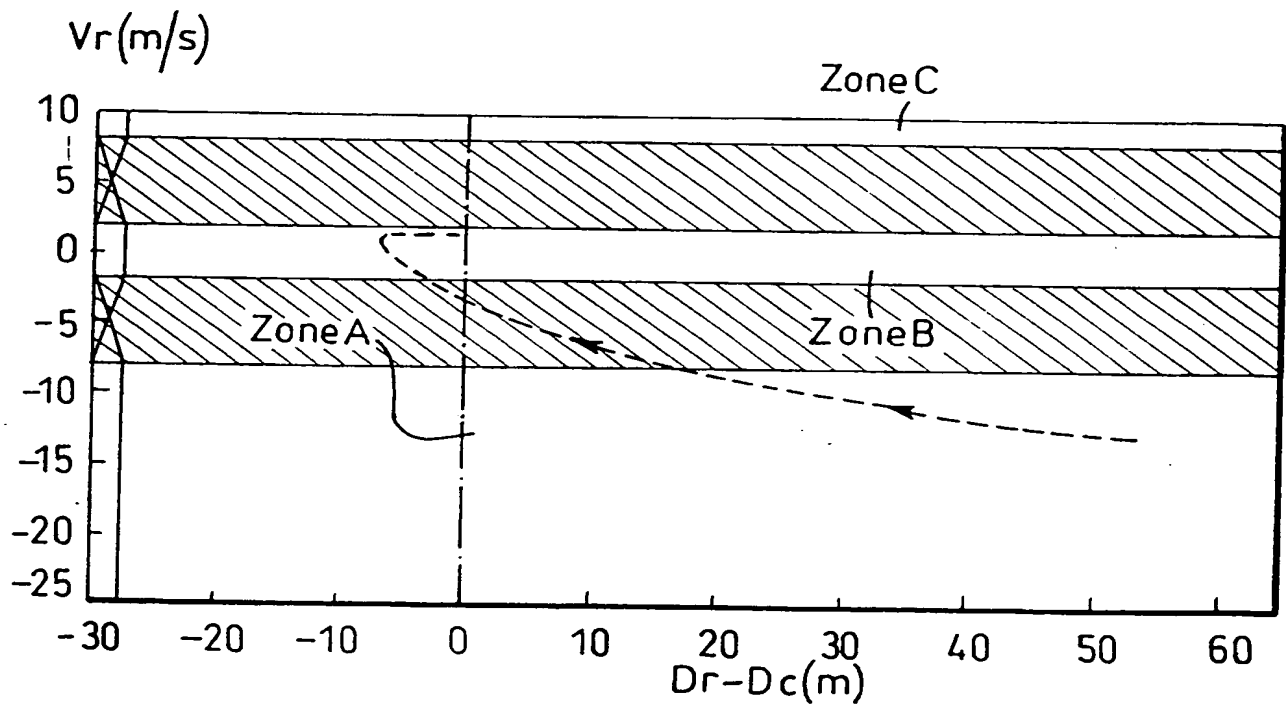
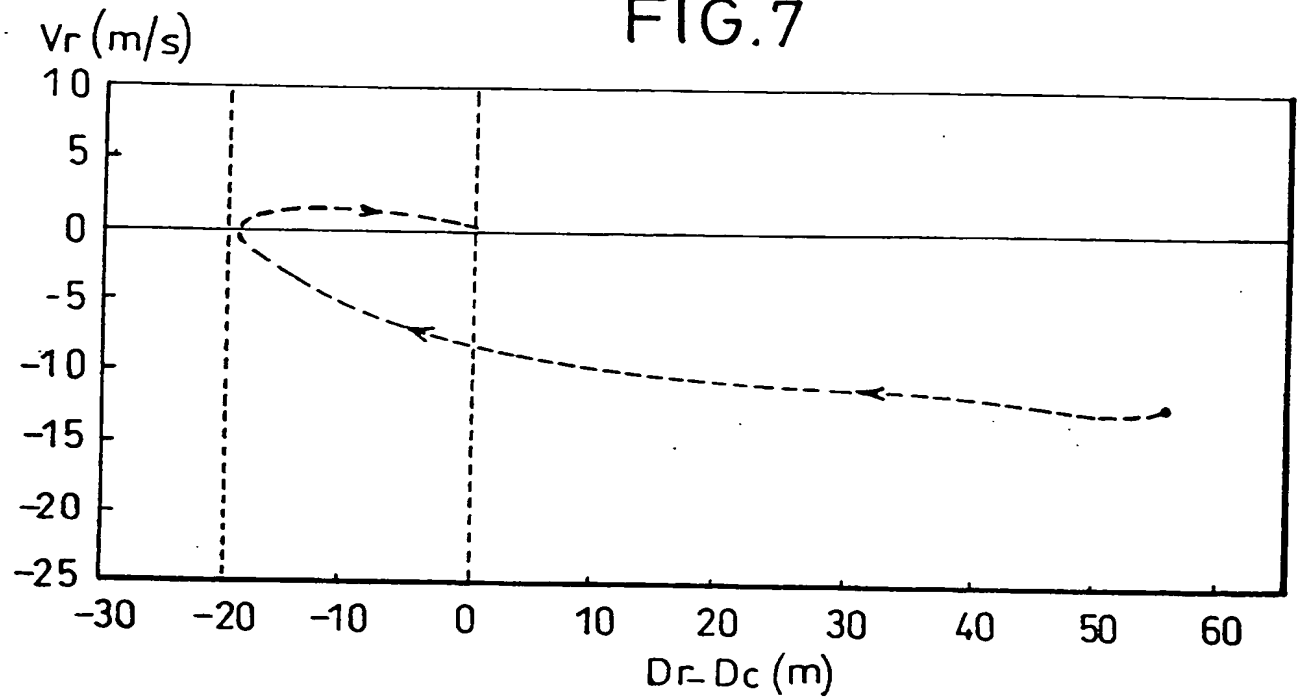


FIG.8

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X A	EP-A-0 484 995 (GENERAL MOTORS CORP.) * colonne 7, ligne 26 - ligne 58; revendications 1,6 * ---	1,3 2,4-10
X	GB-A-2 274 926 (FUJI JUKOGYO K.K.) * page 6, ligne 22 - page 7, ligne 18 * ---	1,4
X	DE-A-43 02 541 (MAZDA MOTOR CORP.) * colonne 7, ligne 18 - colonne 8, ligne 18; figures 2,3 * ---	1,9,10
X A	DE-A-41 18 332 (MITSUBISHI DENKI K.K.) * colonne 10, ligne 11 - ligne 62; figures 6,7 * ---	1 3-5
X	RESEARCH DISCLOSURE, no. 325, Mai 1991 HAVANT GB, page 320 ANON. 'Adaptive Cruise System Smoothness Aspects' ---	1
A	---	3-5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16 no. 72 (M-1213) ,21 Février 1992 & JP-A-03 262736 (TOYOTA MOTOR CORP.) 2 Novembre 1991, * abrégé * ---	1,9,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 249 (M-511) ,27 Août 1986 & JP-A-61 077533 (NISSAN MOTOR CO.) 21 Avril 1986, * abrégé * ---	1
A	EP-A-0 612 641 (LUCAS INDUSTRIES PLC) * revendications 1,2 * ---	3-6
	--- -/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
24 Novembre 1995		Bufacchi, B
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
E	EP-A-0 661 188 (MAGNETI MARELLI S.P.A.) * revendication 10 * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
24 Novembre 1995		Bufacchi, B
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1
EPO FORM 1503 01.82 (P04C13)

BEST AVAILABLE COPY